

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
31 décembre 2003 (31.12.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/001868 A2

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :  
H01L 41/04, F02D 41/20

(72) Inventeur; et  
(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : RIPOLL,  
Christophe [FR/FR]; 38, rue Rieussec, Bât 3 - Appt 120,  
F-78220 Viroflay (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2003/001825

(22) Date de dépôt international : 17 juin 2003 (17.06.2003)

(74) Mandataire : CEMELI, Eric; Renault Technocentre,  
SCE 0267 - TCR AVA 0 56, F-78288 Guyancourt (FR).

(25) Langue de dépôt : français

(81) États désignés (national) : JP, KR, US.

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
02/07705 21 juin 2002 (21.06.2002) FR

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,  
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

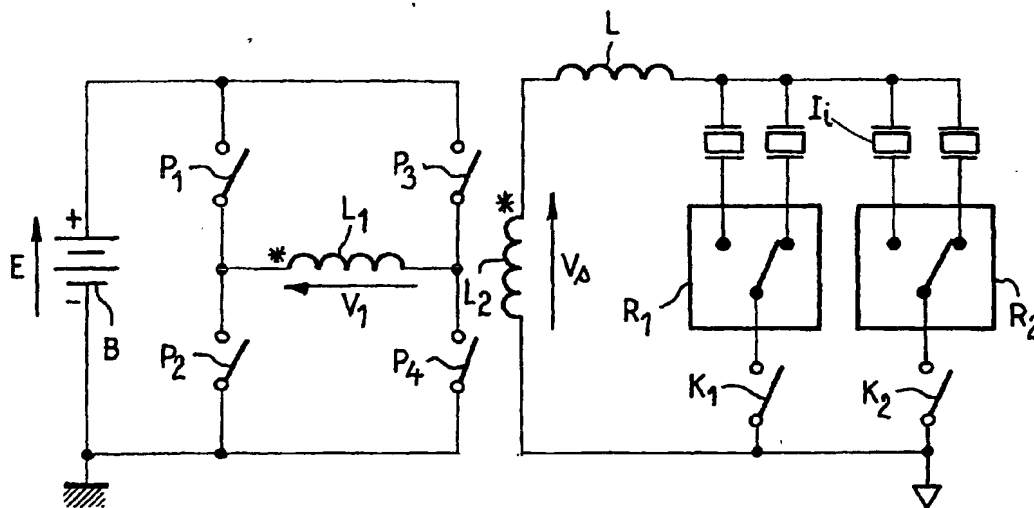
(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : RE-  
NAULT S.A.S. [FR/FR]; 13, 15, quai Alphonse le Gallo,  
F-92100 Boulogne Billancourt (FR).

Publiée :  
— sans rapport de recherche internationale, sera republiée  
dès réception de ce rapport

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR ELECTRONIC OPERATION OF A CONTROL DEVICE FOR AN ULTRASOUND PIEZOELEC-  
TRIC ACTUATOR

(54) Titre : PROCEDE DE PILOTAGE ELECTRONIQUE D'UN DISPOSITIF DE COMMANDE D'UN ACTUATEUR PIEZO-  
ELECTRIQUE ULTRASONORE



(57) Abstract: The invention relates to a method for operation of a control device for at least one ultrasound piezoelectric actuator, comprising an a.c. converter with an assembly having a transformer connected to a voltage source by means of at least one controlled switch and providing an alternating driving voltage for the actuator such that: the voltage ( $V_c$ ) at the connections for the load comprising the transformer, a resonant inductance and the actuator, is a square wave with the fixed chopping frequency ( $f_r$ ), the current ( $I_c$ ) flowing in the load is a periodic signal with resonant frequency ( $f_o$ ), such that the operational mode of the switches is of the type hypo-discontinuous, hyper-continuous or hypo-continuous. Said modes are obtained from the relationship of the transformation of the transformer and the inductance of the resonance determined as a function of the equivalent capacitance of the actuator. The above finds application to the injection of fuel in a thermal engine on a motor vehicle.

[Suite sur la page suivante]

BEST AVAILABLE COPY

WO 2004/001868 A2



*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

**(57) Abrégé :** L'invention concerne un procédé de pilotage d'un dispositif de commande d'au moins un actuateur piézo-électrique ultrasonore, comportant un convertisseur-élévateur de tension composé d'un montage avec un transformateur relié à une source de tension par au moins un interrupteur commandable et délivrant un signal alternatif d'excitation de l'actuateur, tel que : - la tension ( $V_c$ ) aux bornes de la charge constituée du transformateur, d'une inductance de résonance et de l'actuateur est un signal carré de fréquence de découpage ( $f_r$ ) déterminée, - le courant ( $I_c$ ) circulant dans la charge est un signal périodique, de fréquence de résonance ( $f_o$ ) telle que le mode de pilotage des interrupteurs est du type soit hypo-discontinu, soit hyper-continu, soit hypo-continu, ces modes étant obtenus à partir du rapport de transformation du transformateur et de l'inductance de résonance déterminés en fonction de la capacité équivalente de l'actuateur. Application à l'injection de carburant dans un moteur thermique de véhicule automobile.

# Procédé de pilotage électronique d'un dispositif de commande d'un actuateur piézo-électrique

La présente invention concerne un procédé de pilotage électronique du dispositif de commande d'un actuateur piézo-électrique ultrasonore, et plus particulièrement d'un injecteur de carburant à étage piézo-électrique piloté par le calculateur d'injection électronique d'un moteur à combustion interne dans un véhicule automobile.

Plus précisément, le problème que vise à résoudre l'invention est le pilotage d'un dispositif de commande électronique provoquant l'excitation des cellules piézo-électriques pour faire vibrer la structure d'un injecteur, un tel dispositif étant décrit dans la demande de brevet français, déposée sous le numéro 01 14023 au nom de la Demanderesse. Un injecteur de carburant à étage piézo-électrique ultrasonore est destiné à pulvériser très finement le carburant, avec des gouttelettes calibrées pour assurer un dosage précis et suffisamment petites pour assurer la vaporisation complète et homogène du carburant injecté. Un tel injecteur comporte entre autres une buse cylindrique alimentée en carburant et à l'extrémité de laquelle est ménagé un orifice d'injection, et des moyens de mise en vibration cyclique de la buse, tel qu'un transducteur, comportant un étage en céramique piézo-électrique aux bornes de laquelle on fait varier la tension électrique pour modifier son épaisseur entre deux positions extrêmes correspondant à l'ouverture et à la fermeture de l'injecteur, à un rapport de démultiplication près. Une céramique piézo-électrique d'injecteur est équivalente, au premier ordre, à une capacité dont la tension de chargement est élevée, supérieure à une centaine de volts. Ce transducteur est piloté en durée et en intensité par un dispositif de commande électronique, lui-même piloté par le système électronique de contrôle moteur pour réaliser une ouverture oscillante à fréquence ultrasonore du nez de la buse.

Le dispositif de commande électronique est destiné à générer un signal alternatif haute tension, supérieure à une centaine de volts, de fréquence élevée, supérieure à une dizaine de kiloHertz, pour exciter les cellules piézo-électriques à partir d'une source de tension continue. Dans un véhicule automobile, la batterie fournit une tension d'alimentation de valeur 12 ou 42 volts, ce qui implique d'augmenter cette tension par un convertisseur-élévateur de tension en courant continu DC-DC alimenté par la basse tension de la batterie.

Le but de la présente invention est de piloter électroniquement les interrupteurs de commande du dispositif de commande des injecteurs, qui sont distincts des

interrupteurs de sélection des injecteurs, et cela par rapport à la charge constituée d'un transformateur, d'une inductance de résonance et d'un injecteur.

Pour cela, l'objet de l'invention est un procédé de pilotage électronique du dispositif de commande d'au moins un actuateur piézo-électrique ultrasonore, à partir d'un calculateur de contrôle qui comporte un convertisseur-élévateur de tension continue/alternative alimenté par une source de tension continue, dont la sortie haute tension est reliée à un circuit oscillant constitué de l'actuateur et d'une inductance de résonance, ledit convertisseur étant composé d'un montage avec au moins un transformateur à au moins un enroulement primaire relié à la source de tension par au moins un interrupteur commandable et un enroulement secondaire unique délivrant un signal alternatif d'excitation de l'actuateur piézo-électrique, caractérisé en ce que :

- la tension  $V_c$  aux bornes de la charge constituée du transformateur, de l'inductance de résonance et de l'actuateur est un signal carré de fréquence de découpage  $f_r$  déterminée, et

- le courant  $I_c$  circulant dans la charge est un signal périodique, de fréquence de résonance  $f_0$  telle que son double est supérieur à la fréquence de découpage  $f_r$ ,  $f_r < 2f_0$ , de telle sorte qu'à la fermeture des interrupteurs le courant est nul dans le circuit, ce mode de pilotage des interrupteurs du type hypo-discontinu étant obtenu à partir du rapport de transformation du transformateur et de l'inductance de résonance déterminés en fonction de la capacité équivalente de l'actuateur.

Selon une autre caractéristique, le procédé de pilotage électronique du dispositif de commande d'au moins un actuateur piézo-électrique ultrasonore, à partir d'un calculateur de contrôle qui comporte un convertisseur-élévateur de tension continue/alternative alimenté par une source de tension continue, dont la sortie haute tension est reliée à un circuit oscillant constitué de l'actuateur et d'une inductance de résonance, ledit convertisseur étant composé d'un montage avec au moins un transformateur à au moins un enroulement primaire relié à la source de tension par au moins un interrupteur commandable et un enroulement secondaire unique délivrant un signal alternatif d'excitation de l'actuateur piézo-électrique, est caractérisé en ce que :

- la tension  $V_c$  aux bornes de la charge constituée du transformateur, de l'inductance de résonance et de l'actuateur est un signal carré de fréquence de découpage  $f_r$  déterminée,

- le courant  $I_c$  circulant dans la charge est un signal périodique, en avance de phase avec la tension  $V_c$ , et de fréquence de résonance  $f_0$  telle que la fréquence de découpage  $f_r$  est comprise entre la moitié de la fréquence de résonance et son double,

$f_0/2 < f_r < 2f_0$ , de telle sorte qu'il pilote la fermeture des interrupteurs à courant nul dans l'interrupteur de commande, ce mode de pilotage des interrupteurs du type hypo-continu étant obtenu à partir du rapport de transformation du transformateur et de l'inductance de résonance déterminés en fonction de la capacité équivalente de l'actuateur.

Selon une autre caractéristique, le procédé de pilotage électronique du dispositif de commande d'au moins un actuateur piézo-électrique ultrasonore, à partir d'un calculateur de contrôle qui comporte un convertisseur-élévateur de tension continue/alternative alimenté par une source de tension continue, dont la sortie haute tension est reliée à un circuit oscillant constitué de l'actuateur et d'une inductance de résonance, ledit convertisseur étant composé d'un montage avec au moins un transformateur à au moins un enroulement primaire relié à la source de tension par au moins un interrupteur commandable et un enroulement secondaire unique délivrant un signal alternatif d'excitation de l'actuateur piézo-électrique, est caractérisé en ce que :

- la tension  $V_c$  aux bornes de la charge constituée du transformateur, de l'inductance de résonance et de l'actuateur est un signal carré de fréquence de découpage  $f_r$  déterminée,
- le courant  $I_c$  circulant dans la charge est un signal périodique, en retard de phase avec la tension  $V_c$ , et de fréquence de résonance  $f_0$  telle que la fréquence de découpage  $f_r$  est supérieure à la moitié de la fréquence de résonance,  $f_r > f_0/2$ , de telle sorte qu'il pilote la fermeture des interrupteurs à tension nulle aux bornes de l'interrupteur de commande, ce mode de pilotage des interrupteurs du type hyper-continu étant obtenu à partir du rapport de transformation du transformateur et de l'inductance de résonance déterminés en fonction de la capacité équivalente de l'actuateur.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description de plusieurs modes de pilotage électronique d'un dispositif de commande d'un actionneur piézo-électrique ultrasonore, illustrée par les figures suivantes qui sont :

- la figure 1 : le schéma électronique d'un mode de réalisation d'un dispositif de commande séquentiel d'un groupe de quatre actionneurs piézo-électriques ultrasonores;
- les figures 2a et 2b : les variations temporelles de la tension de sortie du dispositif de commande et de la tension aux bornes d'un actionneur piézo-électrique ;

- la figure 3 : le schéma électronique d'un mode de réalisation d'un dispositif de commande en pont d'un actuateur piézo-électrique ;
- la figure 4a : la forme d'onde générée par le pilotage du dispositif de commande, en mode hypo-discontinu selon l'invention ;
- 5 - les figures 4b et 4d : les variations temporelles des tensions de commande aux bornes des transistors de pont, en mode hypo discontinu;
- les figures 4c et 4e : les représentations des tensions aux bornes des diodes du pont, en mode hypo-discontinu ;
- la figure 5a : la forme d'onde générée par le pilotage du dispositif de commande, en mode hypo-continu selon l'invention ;
- 10 - les figures 5b et 5d : les variations temporelles des tensions de commande aux bornes des transistors de pont, en mode hypo-continu ;
- les figures 5c et 5e : les représentations des tensions aux bornes des diodes du pont, en mode hypo continu ;
- la figure 6a : la forme d'onde générée par le pilotage du dispositif de commande, en mode hyper continu selon l'invention ;
- 15 - les figures 6b et 6d : les variations temporelles des tensions de commande aux bornes des transistors de pont, en mode hyper-continu ;
- les figures 6c et 6e : les représentations des tensions aux bornes des diodes du pont, en mode hyper-continu.
- 20

Pour ces exemples non limitatifs de modes de réalisation, les éléments portant les mêmes références sur les différentes figures remplissent les mêmes fonctions en vue des mêmes résultats.

25

L'invention consistant à générer un signal sinusoïdal haute tension, supérieure à une centaine de volts, et haute fréquence, supérieure à une dizaine de kilohertz, sur la cellule piézo-électrique de chaque injecteur de carburant d'un véhicule à partir d'une source de tension continue, soit la batterie, soit la sortie d'un convertisseur DC de puissance, elle propose le pilotage d'un dispositif de commande selon différentes topologies assurant l'excitation desdites céramiques piézo-électriques, à travers une inductance pour constituer un circuit résonant. Ces topologies sont décrites dans la demande de brevet précédemment citée. Ces structures sont valables de 1 à N injecteurs, N étant un entier préférentiellement égal à 4, 5, 6, 8, 10 ou 12. A titre d'exemple non limitatif, le nombre d'injecteurs commandés est 4 dans la description suivante.

30

35

Toutes les topologies décrites représentent des structures avec au moins un transformateur n'ayant qu'un seul enroulement au secondaire et un ou deux enroulements au primaire.

5            Selon le schéma de la figure 1 qui représente une structure non limitative avec un seul transformateur, le dispositif de commande d'un actuateur piézo-électrique  $I_i$  ultrasonore parmi 4,  $i$  entier variant de 1 à 4, comporte une source B de tension continue E - une batterie ou la sortie d'un convertisseur DC-DC par exemple -, dont la borne (-) est reliée à la masse et dont la borne (+) est reliée à un montage en pont dont  
10 la charge du milieu est l'enroulement primaire  $L_1$  d'un transformateur. Ce transformateur comprend deux enroulements bobinés autour d'un même noyau, comme le montrent les étoiles sur le schéma, un enroulement primaire  $L_1$  et un enroulement secondaire  $L_2$ , dont la sortie haute tension  $V_s$  est reliée à un circuit oscillant constitué de la céramique piézo-électrique  $I_i$  et d'une inductance L de  
15 résonance. Cette inductance de résonance est déterminée en fonction de la fréquence de fonctionnement de l'injecteur piézo-électrique. Elle peut être placée également au primaire du transformateur ou bien aussi constituée par l'inductance de fuite du transformateur.

20            Ce montage en pont est réalisé à partir de deux bras montés en parallèle aux bornes de la source de tension B et constitués chacun de deux interrupteurs de pont  $P_1$  et  $P_2$  en série commandables alternativement, respectivement  $P_3$  et  $P_4$ , dont les points milieux  $J_1$ , respectivement  $J_2$ , sont reliés aux deux bornes de l'enroulement primaire  $L_1$ .

25            Dans le cas d'un moteur thermique de véhicule automobile nécessitant quatre injecteurs, le schéma représente quatre céramiques piézo-électriques  $I_1, \dots, I_i, \dots, I_4$  qui sont montées en parallèle et, selon un premier mode de réalisation, choisies successivement grâce à un interrupteur de sélection commandable  $K_i$  monté en série  
30 avec chacune d'elles. Les quatre injecteurs  $I_i$  sont reliés d'une part à l'inductance L de résonance destinée à constituer un circuit oscillant avec chaque injecteur successivement, et d'autre part deux à deux par un relais  $R_1$  et  $R_2$  respectivement, reliés chacun à une borne d'un interrupteur de sélection  $K_1$  et  $K_2$  respectivement, dont l'autre borne est reliée à la masse. Le calculateur d'injection pilote tout d'abord les  
35 relais puis simultanément les interrupteurs de sélection et de pont pour sélectionner l'injecteur à commander qui doit être ouvert pendant les intervalles d'activité pour assurer l'alimentation en carburant du cylindre correspondant du moteur.

Le fonctionnement de ce circuit de commande est le suivant, en fonction de la commande des différents interrupteurs. Dans une première phase, le signal de commande envoyé par le calculateur d'injection pilote d'une part la fermeture de l'interrupteur de sélection  $K_1$  relié à l'injecteur  $I_1$  choisi et d'autre part la fermeture  
5 simultanée des interrupteurs de pont  $P_1$  et  $P_4$ , reliant ainsi la borne  $J_1$  de l'enroulement primaire  $L_1$  à la borne (+) de la batterie B et sa borne  $J_2$  à la borne (-) de la batterie. Pendant cet intervalle de temps entre les instants  $T_0$  et  $T_1$ , la tension  $v_1$  aux bornes de l'enroulement primaire  $L_1$  est égale à  $+E$ , de sorte que la tension  $V_s$  aux bornes de l'enroulement secondaire  $L_2$  est positive et égale à  $+mE$  par l'effet du rapport de  
10 transformation, pour permettre la charge à travers l'inductance de résonance  $L$  de l'actuateur  $I_1$  sélectionné par l'interrupteur  $K_1$ , piloté par le calculateur. Puis, dans une deuxième phase pendant l'intervalle de temps suivant entre les instants  $T_1$  et  $T_2$ , le signal commande l'ouverture des interrupteurs  $P_1$  et  $P_4$  et la fermeture simultanée des deux interrupteurs  $P_2$  et  $P_3$ , reliant ainsi la borne  $J_1$  de l'enroulement primaire  $L_1$  à la  
15 borne (-) de la batterie B et sa borne  $J_2$  à la borne (+) et la tension  $v_1$  à ses bornes négative est égale à  $-E$ . Ainsi, la tension  $V_s$  aux bornes de l'enroulement secondaire  $L_2$  devient négative et égale à  $-mE$ . Ces deux phases sont répétées un grand nombre de fois pendant la durée d'injection, entre  $100\ \mu s$  et  $8\ ms$ . La tension périodique  $V_s$  aux bornes de l'enroulement secondaire  $L_2$  en fonction du temps est représentée  
20 graphiquement sur la figure 2a. La tension  $V_d$  aux bornes de l'injecteur  $I_1$  est alors un signal sinusoïdal de même période que la tension  $V_s$  aux bornes de l'enroulement secondaire  $L_2$ , comme le montre la figure 2b, oscillant entre une valeur maximale  $+V_m$  et une valeur minimale  $-V_m$ . Le calculateur d'injection commande ensuite successivement les autres injecteurs  $I_i$  montés en parallèle.

25

Pour l'excitation de l'injecteur  $I_1$  entre les instants  $t_0$  et  $t_1$ , le calculateur pilote la mise au repos du relais  $R_1$  vers l'injecteur  $I_1$  alors que le relais  $R_2$  est en position repos, ainsi que la fermeture de l'interrupteur  $K_1$  et l'ouverture de l'interrupteur  $K_2$ , dans le but de connecter l'actuateur  $I_1$  à l'inductance  $L$  de résonance. Ainsi, entre les instants  $t_0$  et  
30  $t_1$ , la tension  $V_s$  aux bornes de l'enroulement secondaire  $L_2$  est un signal périodique carré, oscillant entre les valeurs extrêmes  $+mE$  et  $-mE$ , et la tension  $v_{c1}$  aux bornes de l'actuateur  $I_1$  est un signal sinusoïdal oscillant entre les valeurs extrêmes  $+mGE$  et  $-mGE$ ,  $G$  étant le gain à la résonance entre l'inductance de résonance  $L$  et le modèle de l'injecteur, alors que les trois autres injecteurs ne reçoivent aucune tension. La  
35 durée  $T_{K1}$  de fermeture de chaque interrupteur de sélection correspond au temps d'injection, pouvant varier entre  $100\ \mu s$  et  $5\ ms$  pour un moteur à quatre injecteurs. La période  $T_{P1}$  du signal carré  $V_s$  aux bornes de l'enroulement secondaire de chaque



transformateur dépend exclusivement de la structure des injecteurs, la fréquence  $F_{PI}$  de résonance variant entre 10kHz et 1MHz.

Le basculement de la position repos à la position travail d'un relais étant plus long que l'ouverture ou la fermeture d'un interrupteur, le calculateur pilote à l'instant  $t_2$  le basculement du second relais  $R_2$  en position travail dans le but de pouvoir exciter l'injecteur  $I_3$ , à l'instant suivant  $t_3$ .

A l'instant  $t_3$ , le relais  $R_2$  est basculé vers la position travail alors que le relais  $R_2$  est toujours basculé dans la position travail vers l'injecteur  $I_3$ , et simultanément l'interrupteur  $K_2$  est fermé jusqu'à l'instant  $t_4$  alors que l'interrupteur  $K_1$  est ouvert depuis l'instant  $t_1$ , de sorte que la tension  $V_s$  aux bornes de l'enroulement secondaire  $L_3$  provoque la résonance du circuit oscillant constitué par l'inductance  $L$  et l'injecteur  $I_3$  auquel elle est alors connectée. Le signal de tension  $V_{c3}$  aux bornes de l'injecteur  $I_3$  est une sinusoïde d'amplitude maximale  $mGE$  entre les instants suivants  $t_3$  et  $t_4$ .

Entre les instants suivants  $t_5$  et  $t_6$ , l'interrupteur  $K_1$  est à nouveau fermé et l'interrupteur  $K_2$  est ouvert, mais le relais  $R_1$  est basculé vers l'injecteur  $I_2$  donc sa commande est l'inverse de celle existant entre les instants  $t_0$  et  $t_1$ . Ainsi, le signal de tension  $V_{c2}$  aux bornes de l'injecteur  $I_2$  est une sinusoïde d'amplitude maximale  $mGE$  entre les instants suivants  $t_5$  et  $t_6$ .

Entre les instants suivants  $t_7$  et  $t_8$ , l'interrupteur  $K_2$  est à nouveau fermé alors que l'interrupteur  $K_1$  est ouvert, et les deux relais  $R_1$  et  $R_2$  sont en position repos, donc le relais  $R_2$  est basculé vers l'injecteur  $I_4$ , et sa commande est l'inverse de celle existant entre les instants  $t_3$  et  $t_4$ . Ainsi, le signal de tension  $V_{c4}$  aux bornes de l'injecteur  $I_4$  est une sinusoïde d'amplitude maximale  $mGE$  entre les instants suivants  $t_7$  et  $t_8$ .

L'invention concerne précisément le pilotage des interrupteurs de commande du pont vis à vis de la charge  $C_h$  reliant les points milieux des deux bras de pont et qui est constituée du transformateur, de l'inductance de résonance et de l'actuateur, c'est-à-dire en fonction du courant  $I_c$  circulant dans cette charge et de la tension  $V_c$  à ses bornes. Sur l'exemple de réalisation de la figure 3, les interrupteurs de ponts  $P_i$  sont réalisés chacun à partir d'un transistor  $T_i$  et d'une diode  $D_i$  montée en anti-parallèle. Pour que la tension périodique  $V_s$  aux bornes de l'enroulement secondaire du

transformateur permette l'excitation de l'actuateur piézo-électrique  $I_i$ , la tension  $V_c$  aux bornes de la charge doit être carrée, de fréquence de découpage  $f_r$  déterminée.

5 Selon, une première caractéristique de l'invention, la tension  $V_c$  aux bornes de la charge constituée du transformateur, de l'inductance de résonance et de l'actuateur étant un signal carré de fréquence de découpage  $f_r$  déterminée, le courant  $I_c$  circulant dans la charge est un signal périodique, de fréquence de résonance  $f_0$  telle que la fréquence de découpage  $f_r$  est au moins deux fois plus faible qu'elle,  $f_r < 2f_0$ , de telle sorte qu'à la fermeture des interrupteurs le courant est nul dans le circuit. Ce mode de pilotage des interrupteurs de commande du type hypo-discontinu est obtenu à partir des valeurs du rapport de transformation du transformateur et de l'inductance de résonance déterminées en fonction de la valeur de la capacité équivalente de l'actuateur. Il permet de limiter les pertes par commutation des interrupteurs lors de leur fermeture et de limiter les effets de compatibilité électromagnétique par coupure de courant.

15 Le convertisseur-élévateur de tension continue/alternative est dimensionné pour que la fréquence de découpage  $f_r$  désirée pour piloter l'injecteur piézo-électrique soit inférieure au double de la fréquence de résonance de la charge.

20

La figure 4a représente la forme d'onde générée par le pont du dispositif de commande, en mode hypo discontinu selon l'invention.

25 Pour la commande de l'actuateur donné I, le calculateur de contrôle pilote d'une part la fermeture des moyens de sélection reliés audit actuateur et d'autre part simultanément, dans une première phase la fermeture d'un premier couple d'interrupteurs de pont constitué d'un premier interrupteur  $T_1$  du premier bras et d'un second interrupteur  $T_4$  d'un second bras et l'ouverture du second couple formé des deux autres interrupteurs  $T_2$  et  $T_3$  desdits bras, et dans une seconde phase la commutation desdits quatre interrupteurs dans une position inverse de façon à obtenir une tension périodique aux bornes de l'enroulement secondaire du transformateur, ces deux phases étant répétées un nombre déterminé de fois pendant la durée de fonctionnement de l'actuateur pour générer un signal haute tension et haute fréquence sur l'actuateur piézo-électrique à partir de la source de tension continue.

35

Ainsi, le séquençement de pilotage des quatre interrupteurs du dispositif de commande est le suivant, lors de deux phases consécutives dont la première a lieu entre les instants  $t_0$  et  $t_3$  et la seconde a lieu entre les instants  $t_3$  et  $t_6$ .

5 A l'instant  $t_0$  de démarrage de la première phase, les transistors  $T_1$  et  $T_4$  sont commandés à la fermeture lorsque le courant  $I_c$  est nul dans les diodes  $D_1$  et  $D_4$ .

Entre les instants  $t_0$  et  $t_1$ , ces transistors  $T_1$  et  $T_4$  sont fermés laissant passer le courant  $I_c$ , pendant que les diodes  $D_1$  et  $D_4$  ne sont pas passantes, la tension à leurs bornes étant égale à  $+E$ .

10 A l'instant  $t_1$ , le courant  $I_c$  s'inverse, les deux diodes deviennent passantes, la tension à leurs bornes s'annule, et les deux transistors  $T_1$  et  $T_4$  sont commandés à l'ouverture entre cet instant  $t_1$  et l'instant  $t_2$  où les diodes ne conduisent plus, le courant s'annulant.

A l'instant  $t_3$  de démarrage de la seconde phase, les transistors  $T_2$  et  $T_3$  sont commandés à la fermeture lorsque le courant  $I_c$  est nul dans les diodes  $D_2$  et  $D_3$ .

15 Entre les instants  $t_3$  et  $t_4$ , ces transistors  $T_2$  et  $T_3$  sont fermés laissant passer le courant  $I_c$ , pendant que les diodes  $D_2$  et  $D_3$  ne conduisent pas.

A l'instant  $t_4$ , le courant  $I_c$  s'inverse, les deux diodes deviennent passantes et les deux transistors  $T_2$  et  $T_3$  sont commandés à l'ouverture entre cet instant  $t_4$  et l'instant  $t_5$  où les diodes ne conduisent plus, le courant s'annulant à nouveau.

20

Les figures 4b et 4d représentent les variations temporelles des tensions de commande aux bornes des transistors de pont, et les figures 4c et 4e représentent les tensions aux bornes des diodes, montées en parallèle à ces transistors de pont, soit leur état passant ou non conducteur.

25

Selon, une deuxième caractéristique de l'invention, la tension  $V_c$  aux bornes de la charge constituée du transformateur, de l'inductance de résonance et de l'actuateur étant un signal carré de fréquence de découpage  $f_r$  déterminée, le courant  $I_c$  circulant dans la charge est un signal périodique, en avance de phase avec la tension  $V_c$ , et de fréquence de résonance  $f_0$  telle que la fréquence de découpage  $f_r$  est comprise entre la moitié de la fréquence de résonance  $f_0$  et son double,  $f_0/2 < f_r < 2f_0$ , de telle sorte qu'il pilote l'ouverture des interrupteurs à courant nul dans l'interrupteur de commande, « zero current switching » ZCS. Ce mode de pilotage des interrupteurs de commande du type hypo-continu est obtenu à partir des valeurs du rapport de transformation du transformateur et de l'inductance de résonance déterminées en fonction de la valeur

30

35

de la capacité équivalente de l'actuateur. Ce mode de pilotage des interrupteurs de commande étant du type hypo-continu, il permet de limiter les pertes par commutation

des interrupteurs lors de leur ouverture et de limiter les effets de compatibilité électromagnétique par coupure de courant.

Le convertisseur-élévateur de tension continue/alternative est dimensionné  
5 pour que la fréquence de découpage  $f_r$  désirée pour piloter l'injecteur piézo-électrique respecte les conditions énoncées auparavant vis à vis de la fréquence de résonance  $f_0$ .

La figure 5a représente la forme d'onde générée par le pont du dispositif de  
commande, en mode hypo continu selon l'invention.

10

Le séquençement de pilotage des quatre interrupteurs  $T_1$  à  $T_4$  du dispositif de commande est le suivant lors de deux phases consécutives dont la première a lieu entre les instants  $t_0$  et  $t_2$  et la seconde a lieu entre les instants  $t_2$  et  $t_4$ .

15 A l'instant  $t_0$ , les transistors  $T_1$  et  $T_4$  sont commandés à la fermeture lorsque le courant  $I_c$  est nul dans les diodes  $D_1$  et  $D_4$  et que les autres diodes  $D_2$  et  $D_3$  sont passantes.

Entre les instants  $t_0$  et  $t_1$ , ces transistors  $T_1$  et  $T_4$  sont fermés laissant passer le courant  $I_c$ , pendant que les quatre diodes  $D_1$  à  $D_4$  ne sont pas passantes.

20 A l'instant  $t_1$ , le courant  $I_c$  s'inverse, les deux diodes  $D_1$  et  $D_4$  deviennent passantes et les deux transistors  $T_1$  et  $T_4$  sont commandés à l'ouverture entre cet instant  $t_1$  et l'instant  $t_2$  où il n'y a pas de courant dans ces deux transistors.

A ce même instant  $t_2$ , les transistors  $T_2$  et  $T_3$  sont commandés à la fermeture alors que les diodes  $D_1$  et  $D_4$  sont encore passantes. A cet instant de fermeture, les  
25 diodes  $D_1$  et  $D_4$  se bloquent naturellement et le courant  $I_c$  circule dans le même sens.

Entre les instants  $t_3$  et  $t_4$ , le courant  $I_c$  s'inverse et les diodes  $D_2$  et  $D_3$  deviennent passantes et ces transistors  $T_2$  et  $T_3$  sont commandés pour être ouverts alors qu'il n'y a plus de courant  $I_c$  dans ces transistors.

30 A l'instant  $t_4$ , les deux transistors  $T_1$  et  $T_4$  sont commandés à la fermeture, les deux diodes  $D_2$  et  $D_3$  deviennent non passantes et le pilotage recommence selon le même séquençement qu'entre les instants  $t_0$  et  $t_4$ .

Les figures 5b et 5d représentent les variations temporelles, en mode hypo-continu, des tensions de commande aux bornes des transistors de pont, et les figures  
35 5c et 5e représentent les tensions aux bornes des diodes, montées en parallèle à ces transistors de pont, soit leur état passant ou non conducteur.

Selon, une troisième caractéristique de l'invention, la tension  $V_c$  aux bornes de la charge constituée du transformateur, de l'inductance de résonance et de l'actuateur étant un signal carré de fréquence de découpage  $f_r$  déterminée, le courant  $I_c$  circulant dans la charge est un signal périodique, en retard de phase avec la tension  $V_c$ , et de fréquence de résonance  $f_0$  telle que la fréquence de découpage  $f_r$  est supérieure à la moitié de la fréquence de résonance  $f_0$ ,  $f_r > f_0/2$ , de telle sorte qu'il pilote la fermeture des interrupteurs à tension nulle aux bornes de l'interrupteur de commande. Ce mode de pilotage des interrupteurs de commande du type hyper-continu est obtenu à partir des valeurs du rapport de transformation du transformateur et de l'inductance de résonance déterminées en fonction de la valeur de la capacité équivalente de l'actuateur. Ce mode de pilotage des interrupteurs de commande hyper-continu permet de limiter les pertes par commutation des interrupteurs lors de leur ouverture et de limiter les effets de compatibilité électromagnétique par commutation de tension. Ce mode de pilotage est du type à commande à la fermeture des interrupteurs ou « zero voltage switching » ZVC.

Le convertisseur-élévateur de tension continue/alternative est dimensionné pour que la fréquence de découpage  $f_r$  désirée pour piloter l'injecteur piézo-électrique respecte les conditions énoncées auparavant vis à vis de la fréquence de résonance  $f_0$ .

20

La figure 6a représente la forme d'onde générée par le pont du dispositif de commande, en mode hyper continu selon l'invention.

Le séquençement de pilotage des quatre interrupteurs du dispositif de commande est le suivant lors de deux phases consécutives dont la première a lieu entre les instants  $t_0$  et  $t_2$  et la seconde a lieu entre les instants  $t_2$  et  $t_4$ .

25

Entre les instants  $t_0$  et  $t_1$ , les transistors  $T_1$  et  $T_4$  sont commandés à la fermeture, alors que les deux diodes  $D_1$  et  $D_2$  sont passantes, donc qu'il n'y a pas de tension aux bornes de ces transistors. Les autres diodes  $D_2$  et  $D_3$  ne sont pas passantes et les deux transistors  $T_2$  et  $T_3$  sont ouverts.

30

A l'instant  $t_1$ , les diodes  $D_1$  et  $D_4$  sont bloquées.

Entre les instants  $t_1$  et  $t_2$ , les deux transistors  $T_1$  et  $T_4$  sont encore fermés, laissant passer le courant  $I_c$ .

35

A l'instant  $t_2$ , les transistors  $T_1$  et  $T_4$  sont commandés à l'ouverture, les diodes  $D_2$  et  $D_3$  deviennent passantes et il n'y a plus de tension aux bornes des transistors  $T_2$  et  $T_3$ . Les diodes  $D_1$  et  $D_4$  ne sont pas passantes.

Entre les instants  $t_2$  et  $t_3$ , les transistors  $T_2$  et  $T_3$  sont commandés à la fermeture pour être ensuite commandés à l'ouverture à l'instant  $t_4$ .

5 Les figures 6b et 6d représentent les variations temporelles, en mode hyper-continu, des tensions de commande aux bornes des transistors de pont, et les figures 6c et 6e représentent les tensions aux bornes des diodes, montées en parallèle à ces transistors de pont, soit leur état passant ou non conducteur.

10 Selon une autre caractéristique de l'invention, le procédé de pilotage combine dans le temps les trois modes de pilotage des interrupteurs, de types hypo-discontinu, hypo-continu et hyper-continu, en fonction de la tension  $E$  de la batterie qui peut varier et la tension crête de consigne, du signal de pilotage des actuateurs piézo-électriques.

15 Les interrupteurs de sélection des actuateurs et des enroulements primaires des transformateurs sont commandables bidirectionnellement en courant, et pour cela peuvent être réalisés à partir de deux semi-conducteurs montés en série ou en parallèle. Ce peut être par exemple deux transistors de type MOSFET montés en série ou IGBT avec diode anti-parallèle.

20 Les relais  $R$  de sélection des actuateurs sont de type électromécanique, monostables et possédant un contact de repos et un contact de travail.

25 A propos des interrupteurs de pont, s'ils sont placés directement derrière la batterie, ils sont du type MOSFET à canal N de préférence pour leurs faibles chutes de tension. Dans le cas où ils sont placés derrière un convertisseur DC-DC, ces interrupteurs peuvent être de type MOSFET ou IGBT.

Quant aux interrupteurs de sélection des transformateurs, ils sont préférentiellement de type MOSFET à canal P, pour leurs faibles chutes de tension.

REVENDICATIONS

1. Procédé de pilotage électronique d'un dispositif de commande d'au moins un  
actuateur piézo-électrique ultrasonore, à partir d'un calculateur de contrôle, qui  
5 comporte un convertisseur-élévateur de tension continue/alternative alimenté par une  
source (B) de tension continue, dont la sortie haute tension est reliée à un circuit  
oscillant constitué de l'actuateur ( $I_i$ ) et d'une inductance (L) de résonance, ledit  
convertisseur étant composé d'un montage avec au moins un transformateur à au  
moins un enroulement primaire relié à la source de tension par au moins un  
10 interrupteur commandable et un enroulement secondaire unique délivrant un signal  
alternatif d'excitation de l'actuateur piézo-électrique, et tel que la tension ( $V_c$ ) aux  
bornes de la charge constituée du transformateur, de l'inductance de résonance et de  
l'actuateur est un signal carré de fréquence de découpage ( $f_r$ ) déterminée, caractérisé  
en ce que le courant ( $I_c$ ) circulant dans la charge est un signal périodique, de  
15 fréquence de résonance ( $f_o$ ) telle que la fréquence de découpage ( $f_r$ ) est inférieure au  
double de la fréquence de résonance, de telle sorte qu'il pilote la fermeture des  
interrupteurs à courant nul dans le circuit, ce mode de pilotage des interrupteurs du  
type hypo-discontinu étant obtenu à partir du rapport de transformation du  
transformateur et de l'inductance de résonance déterminés en fonction de la capacité  
20 équivalente de l'actuateur.

2. Procédé de pilotage électronique du dispositif de commande d'au moins un  
actuateur piézo-électrique ultrasonore, à partir d'un calculateur de contrôle qui  
comporte un convertisseur-élévateur de tension continue/alternative alimenté par une  
25 source de tension continue, dont la sortie haute tension est reliée à un circuit oscillant  
constitué de l'actuateur et d'une inductance de résonance, ledit convertisseur étant  
composé d'un montage avec au moins un transformateur à au moins un enroulement  
primaire relié à la source de tension par au moins un interrupteur commandable et un  
enroulement secondaire unique délivrant un signal alternatif d'excitation de l'actuateur  
30 piézo-électrique, est caractérisé en ce que :

- la tension ( $V_c$ ) aux bornes de la charge constituée du transformateur, de  
l'inductance de résonance et de l'actuateur est un signal carré de fréquence de  
découpage ( $f_r$ ) déterminée,
- le courant ( $I_c$ ) circulant dans la charge est un signal périodique, en avance de  
35 phase avec la tension ( $V_c$ ), et de fréquence de résonance ( $f_o$ ) telle que la fréquence de  
découpage ( $f_r$ ) est comprise entre la moitié de la fréquence de résonance et son  
double, ( $f_o/2 < f_r < 2f_o$ ), de telle sorte qu'il pilote la fermeture des interrupteurs à courant

nul dans l'interrupteur de commande, ce mode de pilotage des interrupteurs du type hypo-continu étant obtenu à partir du rapport de transformation du transformateur et de l'inductance de résonance déterminés en fonction de la capacité équivalente de l'actuateur.

5

3. Procédé de pilotage électronique du dispositif de commande d'au moins un actuateur piézo-électrique ultrasonore, à partir d'un calculateur de contrôle qui comporte un convertisseur-élévateur de tension continue/alternative alimenté par une source de tension continue, dont la sortie haute tension est reliée à un circuit oscillant  
10 constitué de l'actuateur et d'une inductance de résonance, ledit convertisseur étant composé d'un montage avec au moins un transformateur à au moins un enroulement primaire relié à la source de tension par au moins un interrupteur commandable et un enroulement secondaire unique délivrant un signal alternatif d'excitation de l'actuateur piézo-électrique, est caractérisé en ce que :

15 - la tension ( $V_c$ ) aux bornes de la charge constituée du transformateur, de l'inductance de résonance et de l'actuateur est un signal carré de fréquence de découpage ( $f_r$ ) déterminée,

- le courant ( $I_c$ ) circulant dans la charge est un signal périodique, en retard de phase avec la tension ( $V_c$ ), et de fréquence de résonance ( $f_o$ ) telle que la fréquence de  
20 découpage ( $f_r$ ) est supérieure à la moitié de la fréquence de résonance, ( $f_r > f_o/2$ ), de telle sorte qu'il pilote la fermeture des interrupteurs à tension nulle aux bornes de l'interrupteur de commande, ce mode de pilotage des interrupteurs du type hyper-continu étant obtenu à partir du rapport de transformation du transformateur et de l'inductance de résonance déterminés en fonction de la capacité équivalente de  
25 l'actuateur.

4. Procédé de pilotage électronique du dispositif de commande d'au moins un actuateur piézo-électrique ultrasonore, comportant un convertisseur composé d'un montage en pont à au moins un transformateur, ayant au moins un enroulement  
30 primaire réalisé à partir d'un premier bras constitué de deux interrupteurs de pont ( $T_1, T_2$ ) en série commandables alternativement et d'au moins un deuxième bras en parallèle avec le premier bras et constitué aussi de deux interrupteurs de pont ( $T_2, T_3$ ) en série commandables alternativement, le point milieu du deuxième bras étant relié au point milieu du premier bras par une charge constituée du transformateur, d'une  
35 inductance ( $L$ ) de résonance et de l'actuateur piézo-électrique, selon la revendication 1, caractérisé en ce que le séquençement de pilotage des quatre interrupteurs du convertisseur est le suivant :



au cours d'une première phase :

- à l'instant ( $t_0$ ), un premier transistor ( $T_1$ ) du premier bras et un second interrupteur ( $T_2$ ) du second bras constituant un premier couple sont commandés à la fermeture lorsque le courant ( $I_c$ ) est nul dans les diodes ( $D_1$  et  $D_4$ ) en anti-parallèle ;

5       - entre les instants ( $t_0$  et  $t_1$ ), les transistors ( $T_1$  et  $T_4$ ) du premier couple sont fermés laissant passer un courant ( $I_c$ ), pendant que les diodes ( $D_1$  et  $D_4$ ) ne sont pas passantes et que le second transistor ( $T_2$ ) du premier bras et le premier transistor du second bras ( $T_3$ ) constituant un second couple sont ouverts ;

10       - à l'instant ( $t_1$ ), le courant ( $I_c$ ) s'inverse, les deux diodes ( $D_1$  et  $D_4$ ) deviennent passantes et les deux transistors ( $T_1$  et  $T_4$ ) du premier couple sont commandés à l'ouverture entre cet instant ( $t_1$ ) et l'instant ( $t_2$ ) où les diodes ( $D_1$  et  $D_4$ ) ne conduisent plus, le courant s'annulant ;

au cours d'une seconde phase :

15       - à l'instant ( $t_3$ ), les transistors ( $T_2$  et  $T_3$ ) du second couple sont commandés à la fermeture lorsque le courant ( $I_c$ ) est nul dans les diodes ( $D_2$  et  $D_3$ ) en anti-parallèle ;

      - entre les instants ( $t_3$  et  $t_4$ ), ces transistors ( $T_2$  et  $T_3$ ) sont fermés laissant passer le courant ( $I_c$ ), pendant que les diodes ( $D_2$  et  $D_3$ ) ne conduisent pas et que les transistors ( $T_1$  et  $T_4$ ) du premier couple sont ouverts ;

20       - à l'instant ( $t_4$ ), le courant ( $I_c$ ) s'inverse, les deux diodes ( $D_2$  et  $D_3$ ) deviennent passantes et les deux transistors ( $T_2$  et  $T_3$ ) sont commandés à l'ouverture entre cet instant ( $t_4$ ) et l'instant ( $t_5$ ) où les diodes ne conduisent plus, le courant s'annulant à nouveau,

ces deux phases étant répétées un nombre déterminé de fois pendant la durée de fonctionnement de l'actuateur pour générer un signal haute tension et haute fréquence  
25       sur l'actuateur piézo-électrique à partir de la source de tension continue.

5. Procédé de pilotage électronique du dispositif de commande d'au moins un actuateur piézo-électrique ultrasonore, comportant un convertisseur composé d'un montage en pont à au moins un transformateur, ayant au moins un enroulement  
30       primaire, réalisé à partir d'un premier bras constitué de deux interrupteurs de pont ( $T_1, T_2$ ) en série commandables alternativement et d'au moins un deuxième bras en parallèle avec le premier bras et constitué aussi de deux interrupteurs de pont ( $T_2, T_3$ ) en série commandables alternativement, le point milieu du deuxième bras étant relié au point milieu du premier bras par une charge constituée du transformateur, d'une  
35       inductance ( $L$ ) de résonance et de l'actuateur piézo-électrique, selon la revendication 2, caractérisé en ce que le séquençement de pilotage des quatre interrupteurs du convertisseur est le suivant :

au cours d'une première phase :

5 - à l'instant ( $t_0$ ), un premier transistor ( $T_1$ ) du premier bras et un second interrupteur ( $T_4$ ) du second bras constituant un premier couple sont commandés à la fermeture lorsque le courant ( $I_c$ ) est nul dans les diodes ( $D_1$  et  $D_4$ ) en anti-parallèle et que les autres diodes ( $D_2$  et  $D_3$ ) en anti-parallèle du second transistor ( $T_2$ ) du premier bras et du premier transistor ( $T_3$ ) du second bras sont passantes ;

- entre les instants ( $t_0$  et  $t_1$ ), les transistors ( $T_1$  et  $T_4$ ) du premier couple sont fermés laissant passer le courant ( $I_c$ ), pendant que les quatre diodes ( $D_1$  à  $D_4$ ) ne sont pas passantes ;

10 - à l'instant  $t_1$ , le courant ( $I_c$ ) s'inverse, les deux diodes ( $D_1$  et  $D_4$ ) deviennent passantes et les deux transistors ( $T_1$  et  $T_4$ ) sont commandés à l'ouverture entre cet instant ( $t_1$ ) et l'instant ( $t_2$ ) où il n'y a pas de courant dans ces deux transistors ;

- à ce même instant ( $t_2$ ), les transistors ( $T_2$  et  $T_3$ ) du second couple sont commandés à la fermeture alors que les diodes ( $D_1$  et  $D_4$ ) sont encore passantes. A cet instant de fermeture, les diodes ( $D_1$  et  $D_4$ ) se bloquent naturellement et le courant  $I_c$  circule dans le même sens ;

15 - entre les instants ( $t_3$  et  $t_4$ ), le courant ( $I_c$ ) s'inverse et les diodes ( $D_2$  et  $D_3$ ) deviennent passantes et ces transistors ( $T_2$  et  $T_3$ ) sont commandés pour être ouverts alors qu'il n'y a plus de courant ( $I_c$ ) dans ces transistors ;

20 - à l'instant ( $t_4$ ), les deux transistors ( $T_1$  et  $T_4$ ) sont commandés à la fermeture, les deux diodes ( $D_2$  et  $D_3$ ) deviennent non passantes et le pilotage recommence selon le même séquençement qu'entre les instants ( $t_0$  et  $t_4$ ).

25 6. Procédé de pilotage électronique du dispositif de commande d'au moins un actuateur piézo-électrique ultrasonore, comportant un convertisseur composé d'un montage en pont à au moins un transformateur, ayant au moins un enroulement primaire, réalisé à partir d'un premier bras constitué de deux interrupteurs de pont ( $T_1, T_2$ ) en série commandables alternativement et d'au moins un deuxième bras en parallèle avec le premier bras et constitué aussi de deux interrupteurs de pont ( $T_2, T_3$ ) en série commandables alternativement, le point milieu du deuxième bras étant relié au point milieu du premier bras par une charge constituée du transformateur, d'une inductance ( $L$ ) de résonance et de l'actuateur piézo-électrique selon la revendication 3, caractérisé en ce que le séquençement de pilotage des quatre interrupteurs du convertisseur est le suivant :

35 au cours d'une première phase :

- entre les instants ( $t_0$  et  $t_1$ ), un premier transistor ( $T_1$ ) du premier bras et un second interrupteur ( $T_4$ ) du second bras constituant un premier couple sont

commandés à la fermeture, alors que les deux diodes ( $D_1$  et  $D_2$ ) en anti-parallèle et que les autres diodes ( $D_2$  et  $D_3$ ) en anti-parallèle du second transistor ( $T_2$ ) du premier bras et du premier transistor ( $T_3$ ) du second bras ne sont pas passantes et que les deux transistors ( $T_2$  et  $T_3$ ) sont ouverts ;

5           - à l'instant  $t_1$ , les diodes ( $D_1$  et  $D_4$ ) du premier couple de transistors sont bloquées ;

          - entre les instants ( $t_1$  et  $t_2$ ), les deux transistors ( $T_1$  et  $T_4$ ) du premier couple sont encore fermés, laissant passer le courant ( $I_o$ ) ;

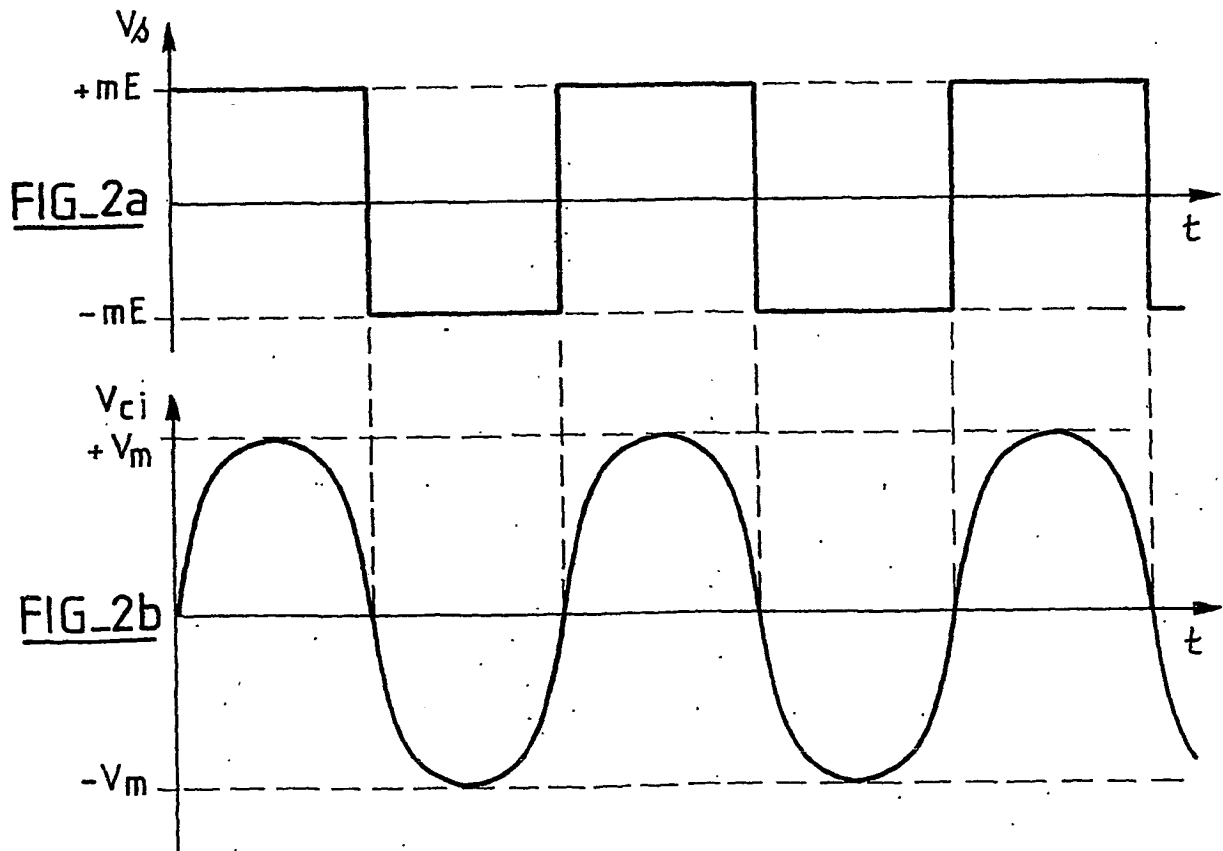
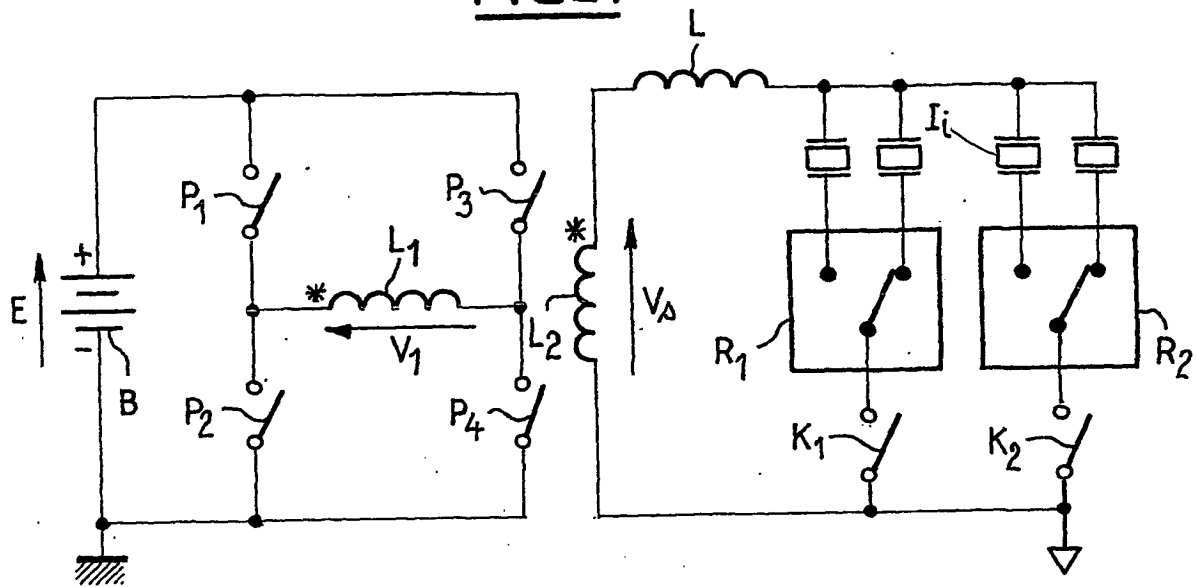
10           - à l'instant  $t_2$ , les transistors ( $T_1$  et  $T_4$ ) du premier couple sont commandés à l'ouverture, les diodes ( $D_2$  et  $D_3$ ) en anti-parallèle du second couple de transistors deviennent passantes et il n'y a plus de tension aux bornes des transistors ( $T_2$  et  $T_3$ ), les diodes ( $D_1$  et  $D_4$ ) ne sont pas passantes ;

          - entre les instants ( $t_2$  et  $t_3$ ), les transistors ( $T_2$  et  $T_3$ ) du second couple sont commandés à la fermeture pour être ensuite commandés à l'ouverture à l'instant ( $t_4$ ).

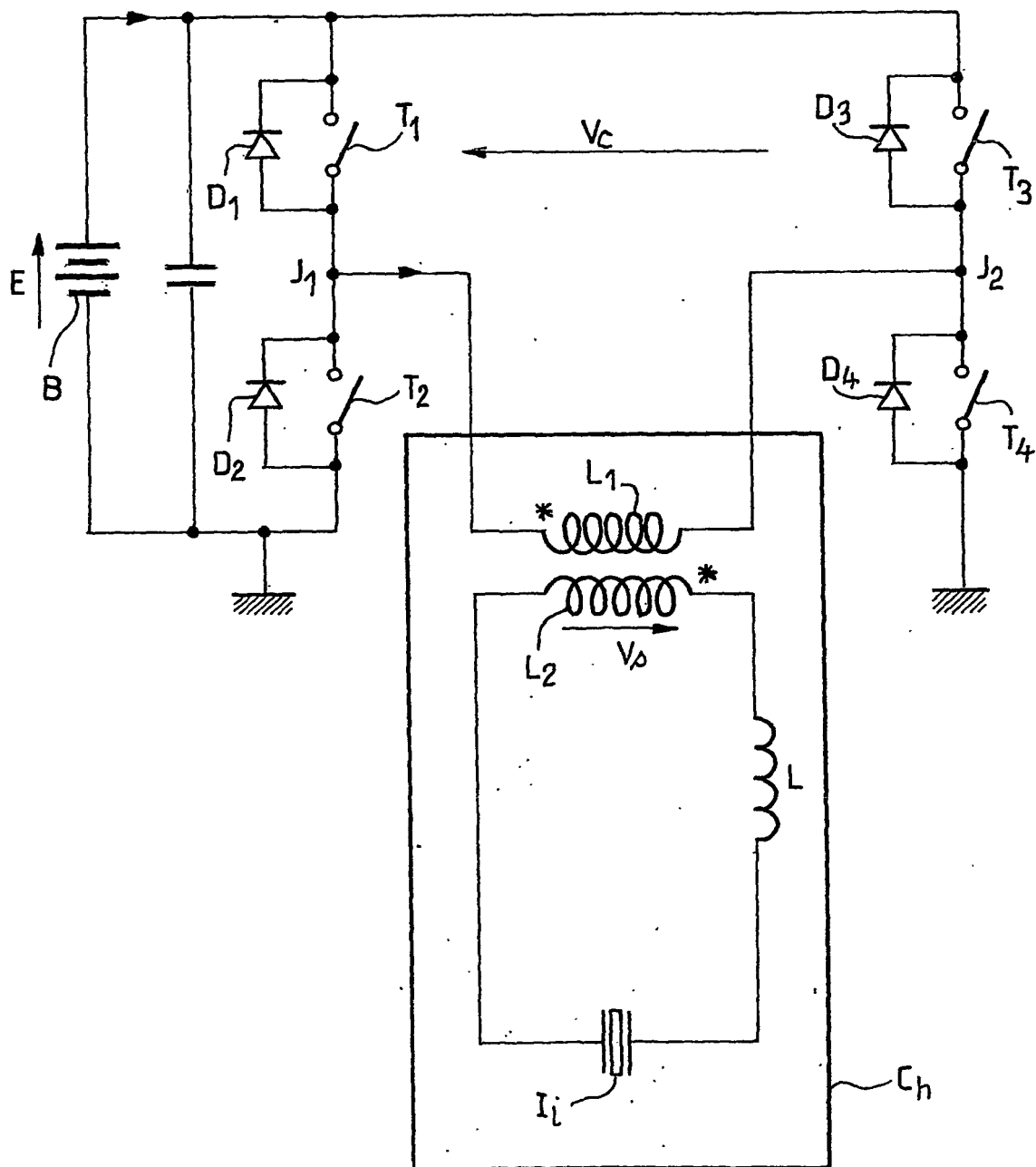
15

7. Procédé de pilotage électronique d'un dispositif de commande d'au moins un actuateur piézo-électrique ultrasonore, selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il combine dans le temps les trois modes de pilotage des interrupteurs, de types hypo-discontinu, hypo-continu et hyper-continu, en fonction de  
20 la tension  $E$  de la batterie qui peut varier et la tension crête de consigne, du signal de pilotage des actionneurs piézo-électriques.

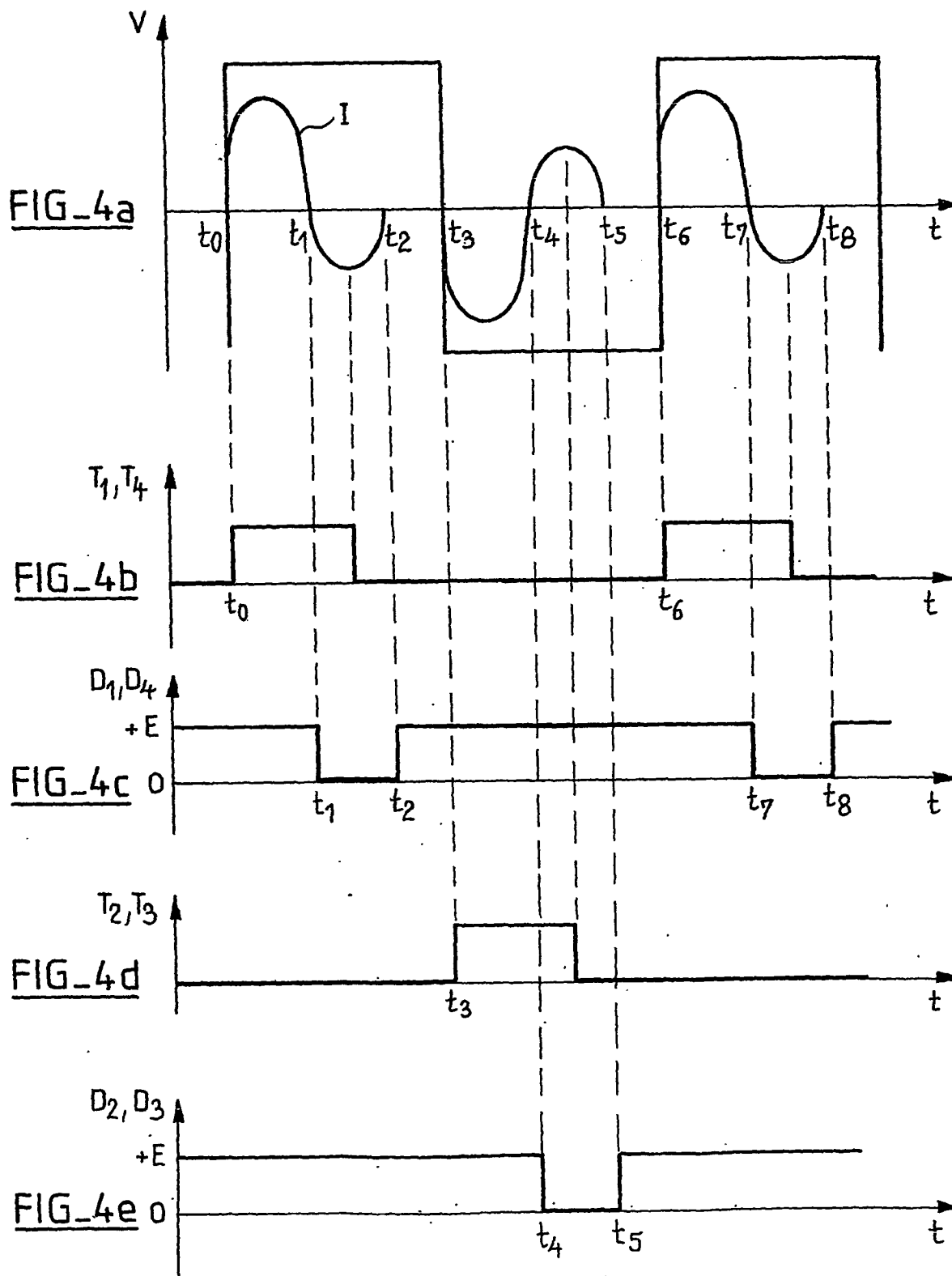
1/5

FIG\_1

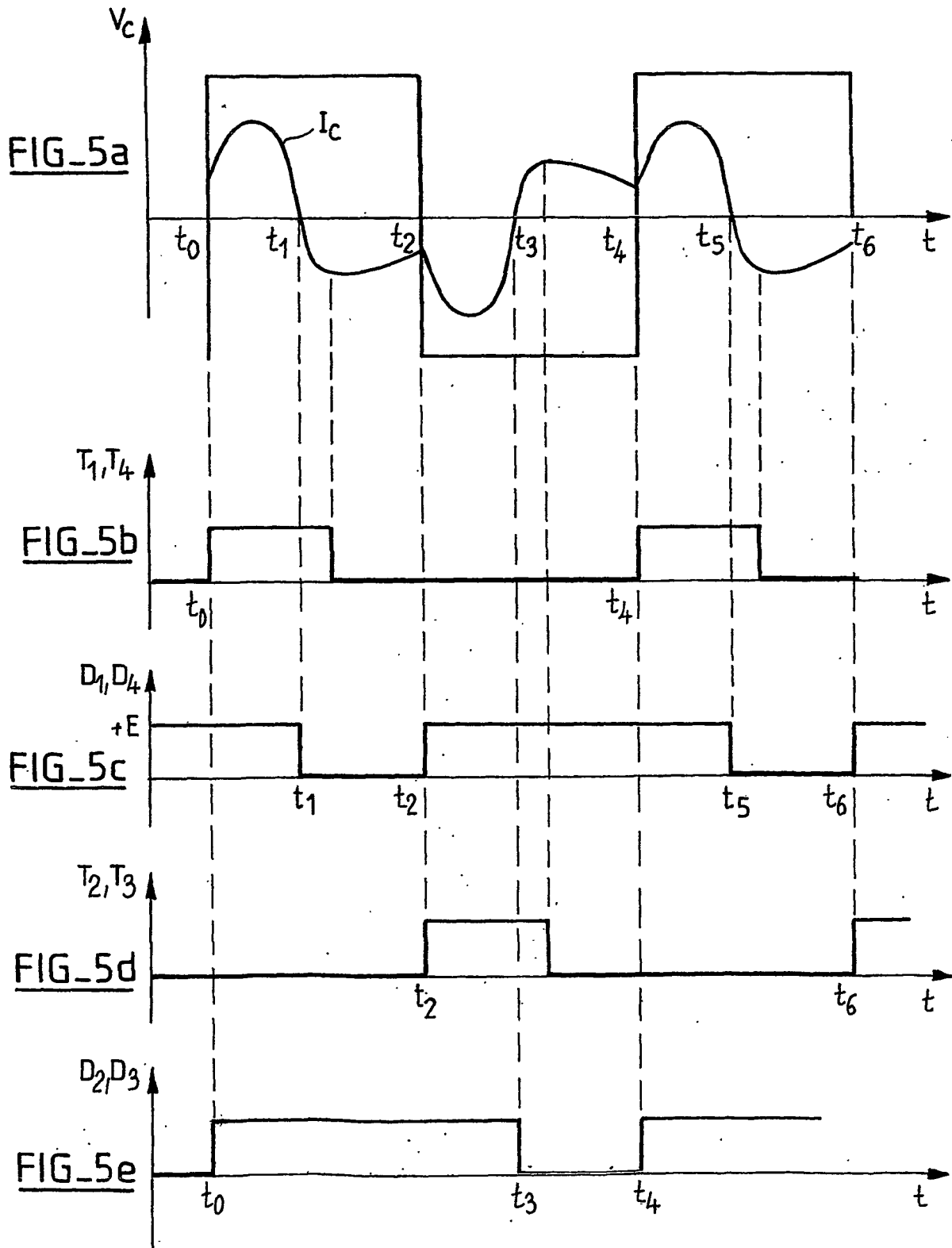
2/5

FIG. 3

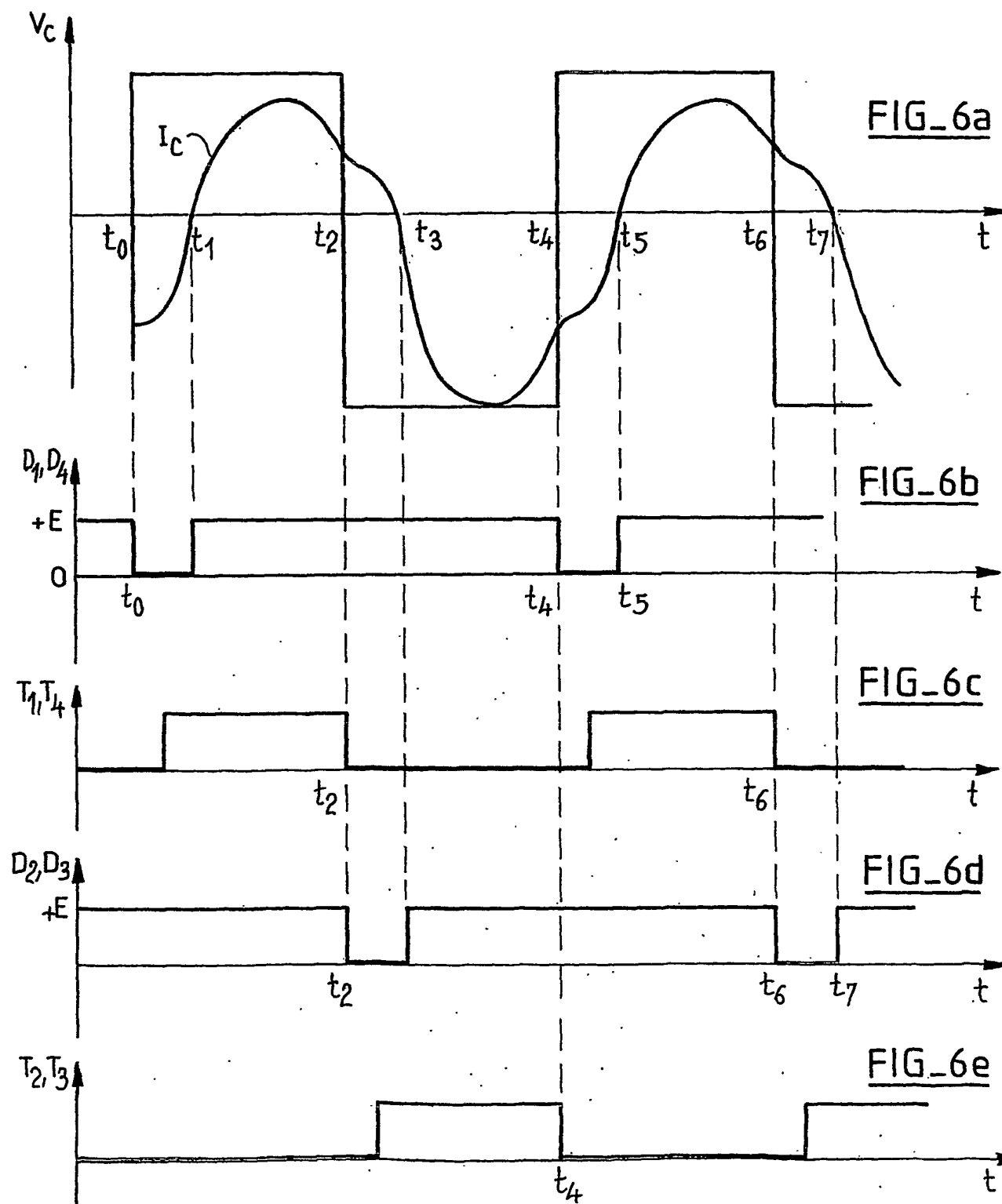
3/5



4/5



5/5





(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
31 décembre 2003 (31.12.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/001868 A3

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H01L 41/04

(72) Inventeur; et

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2003/001825

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : RIPOLL,  
Christophe [FR/FR]; 38, rue Rieussec, Bât 3 - Appt 120,  
F-78220 Viroflay (FR).

(22) Date de dépôt international : 17 juin 2003 (17.06.2003)

(74) Mandataire : CEMELI, Eric; Renault Technocentre,  
SCE 0267 - TCR AVA 0 56, F-78288 Guyancourt (FR).

(25) Langue de dépôt : français

(81) États désignés (national) : JP, KR, US.

(26) Langue de publication : français

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,  
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,  
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(30) Données relatives à la priorité :  
02/07705 21 juin 2002 (21.06.2002) FR

Publiée :

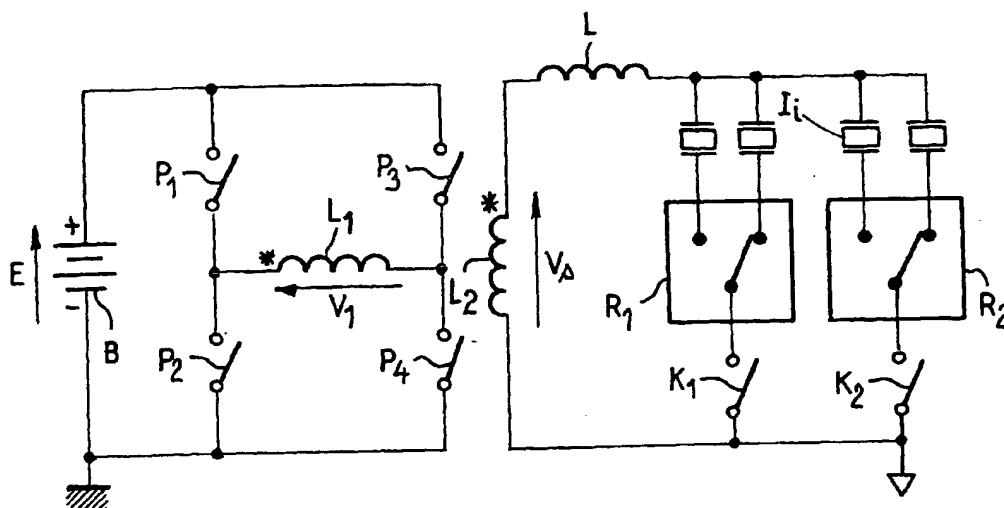
(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : RE-  
NAULT S.A.S. [FR/FR]; 13, 15, quai Alphonse le Gallo,  
F-92100 Boulogne Billancourt (FR).

— avec rapport de recherche internationale  
— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des  
revendications, sera republiée si des modifications sont re-  
çues

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR ELECTRONIC OPERATION OF A CONTROL DEVICE FOR AN ULTRASOUND PIEZOELEC-  
TRIC ACTUATOR

(54) Titre : PROCEDE DE PILOTAGE ELECTRONIQUE D'UN DISPOSITIF DE COMMANDE D'UN ACTUATEUR PIEZO-  
ELECTRIQUE ULTRASONORE



(57) Abstract: The invention relates to a method for operation of a control device for at least one ultrasound piezoelectric actuator, comprising an a.c. converter with an assembly having a transformer connected to a voltage source by means of at least one controlled switch and providing an alternating driving voltage for the actuator such that: the voltage ( $V_c$ ) at the connections for the load comprising the transformer, a resonant inductance and the actuator, is a square wave with the fixed chopping frequency ( $f_r$ ), the current ( $I_c$ ) flowing in the load is a periodic signal with resonant frequency ( $f_o$ ), such that the operational mode of the switches is of the type hypo-discontinuous, hyper-continuous or hypo-continuous. Said modes are obtained from the relationship of the transformation of the transformer and the inductance of the resonance determined as a function of the equivalent capacitance of the actuator. The above finds application to the injection of fuel in a thermal engine on a motor vehicle.

[Suite sur la page suivante]



(88) Date de publication du rapport de recherche  
internationale:

13 mai 2004

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

(57) **Abrégé :** L'invention concerne un procédé de pilotage d'un dispositif de commande d'au moins un actuateur piézo-électrique ultrasonore, comportant un convertisseur-élévateur de tension composé d'un montage avec un transformateur relié à une source de tension par au moins un interrupteur commandable et délivrant un signal alternatif d'excitation de l'actuateur, tel que : - la tension ( $V_c$ ) aux bornes de la charge constituée du transformateur, d'une inductance de résonance et de l'actuateur est un signal carré de fréquence de découpage ( $f_p$ ) déterminée, - le courant ( $I_c$ ) circulant dans la charge est un signal périodique, de fréquence de résonance ( $f_o$ ) telle que le mode de pilotage des interrupteurs est du type soit hypo-discontinu, soit hyper-continu, soit hypo-continu, ces modes étant obtenus à partir du rapport de transformation du transformateur et de l'inductance de résonance déterminés en fonction de la capacité équivalente de l'actuateur. Application à l'injection de carburant dans un moteur thermique de véhicule automobile.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internationa l application No

PCT/FR 03/01825

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H01L41/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01L F02D B06B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FABIJANSKI P: "Series resonant converter with sandwich-type piezoelectric ceramic transducers" 6TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS (EPE '95), SEVILLE, SPAIN, 19 - 21 September 1995, pages 591-594, vol.2, XP000537795 the whole document --- -/--	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 March 2004

Date of mailing of the international search report

07/04/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat

plication No

/FR 03/01825

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FABIJANSKI P ET AL: "Series resonant converter with sandwich-type piezoelectric ceramic transducers" PROCEEDINGS OF THE IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL TECHNOLOGY (ICIT'96), SHANGHAI, CHINA, 2 - 6 December 1996, pages 252-256, XP010232625 ISBN: 0-7803-3104-4 the whole document	1-6
A	----- TATSUTA M ET AL: "1 MHz, 1 kW series resonant converter for ultrasonic transducer using the high frequency power SITs" 19TH ANNUAL IEEE POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE (PESC '88), KYOTO, JAPAN, 11 - 14 April 1988, pages 1236-1243, vol. 2, XP000042067 ISSN: 0275-9306 page 1239, right-hand column -page 1243, left-hand column	1-3
A	----- FR 2 652 960 A (EMERSON ELECTRIC CO) 12 April 1991 (1991-04-12) page 8, line 6 -page 9, line 12 page 13, line 23 -page 16, line 15 figures 1-3	1-6
A	----- FR 2 421 513 A (GABORIAUD PAUL) 26 October 1979 (1979-10-26) page 1, line 25 -page 3, line 5; claim 1	1
A	----- US 4 749 897 A (NATSUME YOSHIMI ET AL) 7 June 1988 (1988-06-07) column 4, line 65 -column 7, line 65; figures 8-12 -----	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

on patent family members

Internat - plication No

T/FR U3/01825

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2652960	A	12-04-1991	US 4973876 A CA 2014376 A1 DE 4025637 A1 FR 2652960 A1 GB 2236222 A ,B JP 2936232 B2 JP 3118880 A	27-11-1990 20-03-1991 28-03-1991 12-04-1991 27-03-1991 23-08-1999 21-05-1991
FR 2421513	A	26-10-1979	FR 2421513 A1 BE 875254 A1 CH 632360 A5 DE 2912620 A1 GB 2021345 A ,B US 4264837 A	26-10-1979 02-10-1979 30-09-1982 04-10-1979 28-11-1979 28-04-1981
US 4749897	A	07-06-1988	JP 2546231 B2 JP 62210241 A JP 2508027 B2 JP 63107077 A	23-10-1996 16-09-1987 19-06-1996 12-05-1988

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
T/TK 03/01825

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 H01L41/04

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 H01L F02D B06B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FABIJANSKI P: "Series resonant converter with sandwich-type piezoelectric ceramic transducers" 6TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS (EPE '95), SEVILLE, SPAIN, 19 - 21 septembre 1995, pages 591-594, vol.2, XP000537795 le document en entier --- -/--	1-6

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

\*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

\*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

\*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

\*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

30 mars 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

07/04/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tél. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé  
  
Köpf, C

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dema                      ionale No

T/FR 03/01825

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>FABIJANSKI P ET AL: "Series resonant converter with sandwich-type piezoelectric ceramic transducers"</p> <p>PROCEEDINGS OF THE IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL TECHNOLOGY (ICIT'96), SHANGHAI, CHINA,</p> <p>2 - 6 décembre 1996, pages 252-256,</p> <p>XP010232625</p> <p>ISBN: 0-7803-3104-4</p> <p>le document en entier</p>	1-6
A	<p>TATSUTA M ET AL: "1 MHz, 1 kW series resonant converter for ultrasonic transducer using the high frequency power SITs"</p> <p>19TH ANNUAL IEEE POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE (PESC '88), KYOTO, JAPAN,</p> <p>11 - 14 avril 1988, pages 1236-1243,</p> <p>vol. 2, XP000042067</p> <p>ISSN: 0275-9306</p> <p>page 1239, colonne de droite -page 1243, colonne de gauche</p>	1-3
A	<p>FR 2 652 960 A (EMERSON ELECTRIC CO)</p> <p>12 avril 1991 (1991-04-12)</p> <p>page 8, ligne 6 -page 9, ligne 12</p> <p>page 13, ligne 23 -page 16, ligne 15</p> <p>figures 1-3</p>	1-6
A	<p>FR 2 421 513 A (GABORIAUD PAUL)</p> <p>26 octobre 1979 (1979-10-26)</p> <p>page 1, ligne 25 -page 3, ligne 5;</p> <p>revendication 1</p>	1
A	<p>US 4 749 897 A (NATSUME YOSHIMI ET AL)</p> <p>7 juin 1988 (1988-06-07)</p> <p>colonne 4, ligne 65 -colonne 7, ligne 65;</p> <p>figures 8-12</p>	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux

s de familles de brevets

Demande nationale No

PCT/FR 03/01825

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2652960	A	12-04-1991	US 4973876 A	27-11-1990
			CA 2014376 A1	20-03-1991
			DE 4025637 A1	28-03-1991
			FR 2652960 A1	12-04-1991
			GB 2236222 A ,B	27-03-1991
			JP 2936232 B2	23-08-1999
			JP 3118880 A	21-05-1991
FR 2421513	A	26-10-1979	FR 2421513 A1	26-10-1979
			BE 875254 A1	02-10-1979
			CH 632360 A5	30-09-1982
			DE 2912620 A1	04-10-1979
			GB 2021345 A ,B	28-11-1979
			US 4264837 A	28-04-1981
US 4749897	A	07-06-1988	JP 2546231 B2	23-10-1996
			JP 62210241 A	16-09-1987
			JP 2508027 B2	19-06-1996
			JP 63107077 A	12-05-1988



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**